Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Breslau.

Versuche zur Herstellung exakter Goldgüsse.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde bei der Hohen Medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

HELGA WESCHKE

Zahnärztin

Breslau 1933

Druck: Georg Wrzesinski, Breslau 13

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

I. Referent: Professor Dr. Greve

II. Referent: Professor Dr. Euler

Versuche zur Herstellung exakter Goldgüsse.

Im Jahre 1907 wurde durch Taggart das moderne Gußverfahren in die zahnärztliche Technik eingeführt. So epochemachend dieser Fortschritt auf dem Gebiete der Zahntechnik auch war, so mußte man doch bald erkennen, daß dieser bedeutenden Neuerung noch mancherlei Mängel anhafteten. Vor allem machte sich störend bemerkbar, daß trotz einwandfreier Technik das fertige Gußstück dem Wachsmodell insofern nicht kongruent war, als eine Volumensverminderung festzustellen war, die es unmöglich machte, das Gußstück ohne Beschleifen auf das Modell zu bringen.

Es sind deshalb seit dieser Zeit unzählige Arbeiten geliefert worden, die sich mit dem Gußproblem beschäftigt haben und in denen versucht worden ist, die vielen Mängel und Mißerfolge zu klären und zu beseitigen oder doch wenigstens auf ein Minimum zu beschränken. Besonders wertvolle Aufschlüsse geben uns darüber die Arbeiten von Price, Solbrig, Colman u. a., die sich mit der Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der beim Gußvorgang gebrauchten Materialien — wie Wachs, Einbettungsmasse und Gold — beschäftigt haben, da die Verfasser der Ansicht waren, daß nur nach genauer Kenntnis dieser Eigenschaften Verbesserungen und Änderungen im Gußverfahren vorgenommen werden könnten. Sie haben bewiesen, inwieweit diese unerwünschten Formabweichungen von den physikalischen Eigenschaften der verwandten Materialien und der Art ihrer Bearbeitung abhängig sind. Von diesen Eigenschaften interessieren uns besonders Expansion und Kontraktion, die bei allen drei Materialien im Laufe des Gußverfahrens auftreten und zu Fehlerquellen werden können. Es soll deshalb auf die physikalischen Eigenschaften und die dadurch entstehenden Fehlerquellen bei den einzelnen Substanzen in der Reihenfolge, wie sie beim Gußvorgang angewendet werden, näher eingegangen werden.

Als erstes ist das Wachs zu nennen. Das zahnärztliche Modellwachs besteht in der Hauptsache aus Bienenwachs, Stearin und Paraffin, denen geringe Prozentsätze von Dammarharz und Karnaubawachs beigemischt sind. Durch das Bienenwachs soll eine bessere Plastizität erreicht werden. Das Stearin soll eine leichtere Bearbeitung ermöglichen und Paraffin sowie Dammarharz und Karnaubawachs sind zur Erhöhung der Festigkeit beigegeben. Den Anforderungen, die wir an ein Wachs stellen, das für zahnärztliche Zwecke brauchbar sein soll, stehen die physikalischen Eigenschaften entgegen, die je nach dem Mischungsverhältnis der verschiedenen Bestandteile der Wachssorten schwanken. Einmal ist es die mit steigender Temperatur einhergehende Expansion, die im flüssigen Zustande ihren höchsten Grad erreicht hat, und umgekehrt die bei Abkühlung eintretende Kontraktion. Unsere sämtlichen Modellwachse expandieren in der Wärme. Auf Grund ihrer verschiedenen Zusammensetzung weisen sie darin unterschiedliches Verhalten auf. Wie die zur plastischen Erweichung der einzelnen Wachssorten erforderliche Temperatur zwischen 30° C und 54° C schwankt, so differiert auch der Expansionsgrad bei den einzelnen Arten. Nach Price, der darüber genaue Untersuchungen angestellt und seine Ergebnisse tabellarisch festgelegt hat, expandiert z. B. Boedecker-Wachs bei einer Verarbeitungstemperatur von 38° — 54° C um 0,49 % — 1,26 %, S. S. White-Wachs bei 46° — 53° C um 2,05 % — 3,50 %, Taggart-Grünwachs bei 40° — 54° C um 1,10 % — 2,10 % und Kerr-Wachs bei 42° — 52° C um 1,00% bis 2,43%. Bei einem Temperaturunterschied von 10° C schwankt die lineare Ausdehnung der verschiedenen Wachse zwischen 0,22 % und 1,16 %, bei einem solchen von 30° C zwischen 1,56 % und 3,1 % (nach Price). Solbrig hat nach der obigen Tabelle von Price den Ausdehnungskoeffizienten für die einzelnen Bearbeitungstemperaturen verschiedener Wachssorten in Prozenten pro Grad berechnet. Danach ergeben sich für die gebräuchlichsten Wachse folgende Werte:

Boedecker-Wachs,	20°—38° C	20°—54° C	38°—54° C
	0,027 %	0,037 %	0,048 % pro Grad,
S.S. White-Wachs,	20°—46° C	20°—53° C	46°—53° C
	0,079 %	0,106 %	0,207 % pro Grad,
Taggarts-Grünwachs,	20°—40° C	20°—54° C	40°—54° C
	0,055 %	0,062 %	0,071 % pro Grad,
Kerr-Wachs, . . .	20°—42° C	20°—52° C	42°—52° C
	0,045 %	0,076 %	0,143 % pro Grad.

Die Wichtigkeit der Kenntnis vorstehender Zahlen liegt darin begründet, daß man bei Einhaltung bestimmter Erhitzungsgrade der Wachssorten die Kontraktion des Goldes aufheben kann.

In flüssigem Zustand hat das Wachs seine größte Ausdehnung; dafür ist aber auch nach dem Erkalten mit der größten Schrumpfung

zu rechnen. Bei Abkühlung von 36,6° C auf 20° C hat Price eine lineare Kontraktion bis zu 2,3% entsprechend der Zusammensetzung der Wachse gemessen. Daraus ergibt sich also folgende praktische Auswertung: Wird das Wachsmodell bei einer höheren oder niederen Temperatur eingebettet, als es beim Verarbeiten hatte, so werden sich dementsprechende Formveränderungen einstellen, d. h. bei höherer Temperatur Expansion, bei niederer Kontraktion, die beide umso stärker sind, je größer der Temperaturunterschied ist.

Eine weitere störende Eigenschaft des Wachses, auf die auch schon Price und Solbrig hingewiesen haben und die zu unerwünschten Formabweichungen führen kann, ist die Elastizität des Wachses. Durch die Manipulationen, denen das Wachs beim Modellieren ausgesetzt ist, haften ihm im Innern Spannungen an, die beim Erwärmen, z. B. schon bei der Wärmeentwicklung während des Abbindungsprozesses der Einbettungsmasse, ausgelöst werden, wodurch dann Verzerrungen und Verbiegungen eintreten. So sucht sich zusammengepreßtes Wachs, wieder erwärmt, auszudehnen, gestrecktes Wachs dagegen zusammenzuziehen. Deshalb sollte beim Modellieren jeder stärkere Druck, sowie unnötiges Kneten und Biegen möglichst vermieden werden. Solbrig empfiehlt, um dem Wachsmodell die latente Elastizität zu nehmen, es bis zur oberen Verarbeitungstemperatur zu erwärmen — das ist die Temperatur bei der das Wachs noch formbeständig bleibt, ohne zu bröckeln oder zu schmelzen — und danach abzukühlen. Dadurch sollen sich dann beim Wiedererwärmen keine Formveränderungen mehr einstellen.

Elander legt das Wachsmodell zur Enspannung zwei Minuten in ein Wasserbad von 50° C, darauf zwei Minuten in Wasser von Zimmertemperatur und korrigiert dann noch entstandene Fehler.

Nach Price würde das Wachsmodell auch bei gewöhnlicher Temperatur seine latente Elastizität abgeben, wenn man die erzwungene Form lange genug festhalten könnte und zwar 100% in 10 Tagen, 90% in 3 Tagen und 75% in 24 Stunden.

Schließlich können noch Formabweichungen des Wachsmodells durch Veränderungen der Einbettungsmasse entstehen.

Eine Einbettungsmasse, die unseren zahnärztlichen Ansprüchen genügen soll, muß folgende Eigenschaften aufweisen: 1. Gute Feuerbeständigkeit, um hohe Temperaturen auszuhalten, ohne dabei Sprünge zu bekommen; 2. Formbeständigkeit; 3. Genügende Festigkeit, damit nichts abbröckelt und Verunreinigungen des Gußstückes vermieden werden und 4. soll sie möglichst feinkörnig sein, damit das Gußobjekt eine relativ glatte Oberfläche hat, die stärkeres nachträgliches Bearbeiten erspart. Diesen unseren Wünschen entspricht bis jetzt leider keine der im Handel befindlichen Massen vollauf. Die Einbettungsmasse ist in der Hauptsache ein Gemisch von Gips und Flußsand, die meist im Verhältnis 1 : 2 gemengt sind, wobei dem Gips

die Aufgabe des Bindemittels zukommt. Von dem Mischungsverhältnis sind die physikalischen Eigenschaften der Einbettungsmasse abhängig. Wir wissen vom Gips, daß er sich beim Erstarren ausdehnt. Dagegen zeigt er bei zu hoher Wärmeeinwirkung, infolge chemischer Zersetzung starke Kontraktion. Die Größe der Expansion des Gipses beim Abbinden ist vom Gipsgehalt des Breies abhängig, d. h., je mehr Gips der Brei enthält, desto größer ist seine Expansion beim Erstarren. Die Einbettungsmasse weist natürlich, da auf den Gips als Bindemittel nicht verzichtet werden kann, auch dessen Eigenschaften auf. Sie dehnt sich also ebenfalls beim Erhärten aus und zwar nach Messungen von Price um 0,07%—0,18%. Auch bei den Einbettungsmassen ist, wie Solbrig nachgewiesen hat, der Unterschied in der Ausdehnung auf ihren verschieden hohen Gipsgehalt zurückzuführen. Nach Solbrig beträgt die Ausdehnung

0,10%	bei	1	Teil	Gips	und	2	Teilen Sand
0,20%	„	1	„	„	„	1	„ „
0,34%	„	2	„	„	„	1	„ „
0,38%	„	3	„	„	„	1	„ „
0,40%	„	4	„	„	„	1	„ „

Bei der Wärmebehandlung dehnen sich alle Einbettungsmassen aus. Je nach ihrer Zusammensetzung ist der Grad der thermischen Expansion mehr oder weniger groß. Bei 300° C schwankt die Ausdehnung nach Messungen von Taylor und Pfaffenberger zwischen 0,04 und 0,3%; bei 700° C, d. i. die Temperatur der Gußmuffel, bei der wir gewöhnlich gießen, konnte Schubert eine Expansion von 0,4—1,1% feststellen.

Die Temperaturen, bei denen das Maximum an Expansion erreicht wird, sind ebenfalls von der Größe des Gipszusatzes abhängig und daher sehr verschieden hoch. Im allgemeinen halten die gipsärmeren Einbettungsmassen höhere Temperaturen aus. Bei zu hohen Erhitzungsgraden zeigen die Einbettungsmassen einen Umschlag in Kontraktion, die umso größer ist u. eher eintritt, je mehr Gips die Masse enthält. Diese Kontraktion ist wohl auf die chemische Zersetzung des Gipses zurückzuleiten. Auch bei der Abkühlung kontrahieren sich die Einbettungsmassen nach ihrer Zusammensetzung verschieden stark. Diese Abkühlungskontraktion ist ja nur dann von Bedeutung, wenn beim Guß das Gold in die kalte oder nur leicht angewärmte Form kommt, wie das Taggart, Ottolengui, Elander, M. Ward u. a. m. empfehlen. Denn sonst kann die Schrumpfung beim Gießen in die heiße Form auf das längst vorher erstarrte Gold keinen Einfluß mehr ausüben, und wir haben da noch mit einer Expansion zu rechnen, die der erhitzten Masse zukommt. Van Horn schätzt den Unterschied der linearen Ausdehnung zwischen einem Guß in die kalte oder erhitzte Form auf 1%.

Diese beiden sich in Kontraktion und Expansion dokumentierenden physikalischen Eigenschaften der Einbettungsmassen sind also für das Gelingen eines passenden Gußstückes nicht ohne Bedeutung und mit eine der Ursachen für mißlungene Resultate.

Endlich wäre als letztes das Gold zu nennen, durch dessen physikalische Eigenschaften und falsche Behandlung das Gußobjekt stark beeinflußt wird. Das Gold dehnt sich im geschmolzenen Zustand aus, um sich beim Erstarren bedeutend zusammenzuziehen. Nach W. A. Price beträgt der Ausdehnungskoeffizient des Goldes 0,000022%, d. h. also, um diesen Bruchteil seines Volumens dehnt sich ein Goldstab aus, wenn er um 1° C erwärmt oder er verkürzt sich, wenn er um 1° C abgekühlt wird. Beim Übergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand konnte Price eine lineare Volumensverringerung von 1,64 % und bei der Abkühlung von Erstarrungs- auf Zimmertemperatur eine solche von 2,25 % nachmessen. Der Gesamtbetrag, also 3,89 % wäre die lineare Kontraktion von Gold, das vom flüssigen Zustand auf Zimmertemperatur abgekühlt worden ist. Das würde eine kubische Kontraktion von 11,67 % ausmachen. Unsere Gußstücke weisen aber einen so hohen Grad an Schrumpfung nicht auf; lediglich die Genauigkeit der Gußobjekte ist zu bemängeln. Das erklärt sich daraus, daß wir beim Wechsel des Aggregatzustandes einen großen Teil der Kontraktion überwinden, indem wir erstens unter Druck gießen — nach Price liegt der Haupteffekt des Gießens unter Druck in der Beseitigung der Erstarrungskontraktion — wodurch neues Gold nachgepreßt werden kann und indem wir ferner aus der Industrie das Prinzip des verlorenen Kopfes übernehmen, wie das verschiedene Autoren wie Oettinger, Schubert, Fritsch, Elbrecht, Nowack u. a. empfohlen haben. Das heißt also, daß wir vor der Mündung des Gußstiftes in das Modell eine Wachskugel anbringen. Der so nach dem Ausbrennen des Wachses in der Einbettungsmasse gebildete Hohlraum soll als Materialspeicher dienen, aus dem beim Erstarrungsvorgang noch Gold nachgezogen werden kann. Wir verlegen dadurch einen Teil der Kontraktion vom Gußobjekt weg in den Gußkanal und verhüten so ferner unerwünschte Lunkerbildung. Ganz verhindern können wir jedoch die Goldkontraktion nicht, da sie physikalisch bedingt ist. Ein gewisser Prozentsatz der Abkühlungskontraktion, der von der Legierung und der Behandlung des Goldes abhängig ist und noch ungefähr gegen 2% ausmacht, bleibt bestehen. Durch Expansion der anderen Materialien können wir ihn jedoch aufheben. Die Ausdehnung der Einbettungsmasse allein reicht nicht aus, denn die Erstarrungsexpansion ist so gering, daß sie nach Ansicht von Taylor und Pfaffenberger vernachlässigt werden kann; auch Price hält sie für einen unbedeutenden Faktor. Die thermische Ausdehnung kompensiert im Höchstfalle noch nicht einmal die Hälfte der restlichen Goldkontraktion, sodaß wir also hauptsächlich auf die Ausdehnung

des Wachses angewiesen sind. Dies hat zu den verschiedensten Methoden geführt.

Als erster hat sich van Horn im Jahre 1910 die Wachsexpansion zunutze gemacht. Er erwärmte das Wachsmodell in einem Wasserbade auf 48° C und bettete es in Caulkscher Einbettungsmasse von gleicher Temperatur ein. Bis zum Erhärten brachte er die Gußmuffel in einen Raum von derselben Temperatur. Durch möglichst starkes Erhitzen der Gußform nützte er noch die Vergrößerung derselben aus. Zum Guß bediente er sich einer selbstgebauten Vakuum-Maschine.

Smreker bindet den beiderseits offenen Gußring in Kofferdam ein und legt ihn in Wasser von gewünschter Temperatur.

Elander bettet zweizeitig ein. Er rührt die erste Einbettungsmasse mit Wasser von Zimmertemperatur an und bestreut die Oberfläche des mit Einbettungsmasse umhüllten Wachsmodells mit Kochsalz, was besonders glatte Güsse ergeben soll. Die erste Einbettung stellt er nun ohne jede Abdichtung auf 30 Minuten in 50° heißes Wasser. Dann erst wird der Gußzylinder angebracht und mit der zweiten Einbettungsmasse, die wieder Zimmertemperatur hat, gefüllt. Die Gußküvette kommt abermals auf 30 Minuten ins 50 grädige Wasser.

Auch das Kerr-Verfahren beruht auf dem Prinzip der Wachsexpansion. Dieses Verfahren ist an die Verwendung bestimmter, aufeinander abgestimmter Materialien nebst einer ganzen Apparatur gebunden. Das Wachsmodell wird mit einer dünnen Schicht Einbettungsmasse, die im entsprechenden Mischungsverhältnis — 40 g Pulver und 19 ccm Wasser — in einer Mischmaschine 30 Sekunden gemischt wird, eingepinselt. Darauf wird weiter so viel Pulver auf das umhüllte Wachsmodell gestreut, bis alle Feuchtigkeit aufgesogen ist. Das so mit einem besonders dichten Kern von Einbettungsmasse umkleidete Wachsmodell wird nun in die Muffel mit der übrigen Masse eingebettet. Darauf wird die beiderseits geschlossene Gußküvette in eine Klammer eingespannt und bis zur Erhärtung für 30 Minuten in ein 39½ bis 40 grädiges Wasserbad gelegt. Alsdann erfolgt das Wachsausbrennen, Vorwärmen und Gießen.

Eine weitere Wachsexpansionsmethode beschreibt Orban. Sie ist in den Hauptpunkten von Meyer und Maves in Minneapolis ausgearbeitet worden. Die Einbettung des Wachsmodells erfolgt ebenfalls in zwei Schichten. Bei der ersten Einbettung hat die Masse Zimmertemperatur. Sofort anschließend geschieht die zweite Einbettung mit 50° C warmer Einbettungsmasse. Alle dazu nötigen Geräte werden zuvor in einem von Meyer konstruierten elektrischen Ofen auf 50° C erwärmt. Die Gußküvette kommt dann in ein Wasserbad von 40°—50° C, je nach Größe und Massigkeit des Gußobjektes und bleibt darin bis zur Erhärtung der Einbettungsmasse ungefähr 30 Minuten lang. Das Auskochen des Wachses erfolgt

unter Dampfdruck in der Meyerschen Auskochküvette, das Austrocknen der Einbettungsmasse in Meyers elektrischem Ofen bei 200° C 12—15 Minuten lang. Gegossen wird bei 100—150° C, also nahezu kalt, unter 10–20 Pound je nach der Größe des zu gießenden Gegenstandes. Meyer und Maves haben mit dieser Einbettungstechnik gute Ergebnisse erzielt. Auch Preissecker und Rosenzweig berichten bei Anwendung dieser Methode über günstige Resultate. Ich habe ebenfalls die Meyer und Maves'sche Expansionsgußmethode ausprobiert, doch möchte ich zuvor auf die vorangegangenen Versuche eingehen.

Zunächst suchte ich zu entscheiden, welche der verwendeten Materialien die geringste Kontraktion aufwiesen. Als Prüfungsobjekt hatte ich einen Ring gewählt, den ich auf einen metallischen, konisch zulaufenden Dorn, der mit einer Marke versehen war, modellierte. Die konische Form des Dornes schaltete ein Aufweiten des Wachsringes, was zu Ungenauigkeiten führen konnte, aus, und da die geringste Kontraktion es unmöglich macht, das Gußstück — infolge der konischen Form — bis an die Marke heranzubringen, konnte man die Größe des Abstandes von der Marke bis zum Rande des aufgepaßten Gußringes für die Stärke der Kontraktion auswerten.

An Materialien verwandte ich an Wachsen Harvard-Blauwachs, Taggarts-Grünwachs und Robaschik Gußwachs. Zum Einbetten benutzte ich die Einbettungsmasse „Perfekt" der Firma Thiel, Breslau und die bekannte Masse „Tanne" der Firma Hinrichs, Osterrode a. Harz. Gleichzeitig probierte ich die von der Degussa herausgebrachte Tiegelschleuder auf ihre Brauchbarkeit aus.

In der ersten Versuchsreihe stellte ich mir zunächst je zwei Ringe aus den angegebenen Wachssorten her. Um Formveränderungen, die auf die Elastizität des Wachses zurückzuführen sind, zu vermeiden, entspannte ich die modellierten Ringe nach den oben angeführten Angaben Elanders. Danach brachte ich am Gußstift eines jeden Modells einen verlorenen Kopf an, um den Schwindungserscheinungen, die beim Erstarren des Goldes auftreten, entgegenzuarbeiten und bettete die Ringe mit der Einbettungsmasse „Perfekt" ein. Um das Auftreten von Luftblasen möglichst einzuschränken, rührte ich die Einbettungsmasse mit abgekochtem Wasser (nach Uhlenhuth) an. Zur Ausschaltung von Fehlern, die infolge einer Verschiebung des Verhältnisses von Einbettungsmasse zu Wasser eintreten können, bediente ich mich des Verfahrens, jedesmal soviel Einbettungsmasse in Wasser zu geben als gerade zur Sättigung nötig war. Durch eigene Nachmessungen konnte ich feststellen, daß dabei nur geringe Unterschiede eintraten. Nach Erhärtung der Einbettungsmasse und Ausbrennen des Wachses über der kleinen Flamme eines Bunsenbrenners, wurden die Muffeln bis zur Rotglut der Kanäle weiter erhitzt und anschließend mit der Handschleuder gegossen. Als Gußmaterial diente für jeden Ring einmal die 18 karätige Legierung

Platallor, das andere Mal die 20 karätige Legierung Pontallor der Degussa. Nach langsamen Abkühlen zur Erreichung einer möglichst geringen Porosität und ungestörten Homogenität, reinigte ich die Gußstücke nur mit der Bürste und probierte sie auf den Dorn auf. Dabei war bei allen Ringen starke Kontraktion festzustellen, und zwar war sie bei den aus der 18 karätigen Legierung gegossenen Ringen größer als bei den der 20 karätigen Legierung. Auch die Verwendung verschiedener Wachssorten ergab verschiedene Resultate. So wiesen die aus Harvard- und Taggartwachs modellierten Ringe eine stärkere Schwindung auf als die Ringe aus Robaschikwachs.

Die zweite Versuchsreihe unterscheidet sich von der ersten insoweit, als die Entfernung von Wachs und Wasser aus der Gußküvette im Degussa-Muffelofen vorgenommen wurde. Dieser Ofen enthält zwei übereinander liegende Kammern, von denen die untere mit Schamotte ausgekleidet ist. Die Beheizung der unteren Kammer erfolgt durch einen großen Bunsenbrenner, die der oberen durch die Abwärme der unteren. Der Ofen liefert so zwei verschiedene Temperaturen, die durch Ablesen und Regulation auf konstanter Höhe gehalten werden können. Bei seiner Anwendung ist eine gleichbleibende Einhaltung bestimmter Temperaturen gewährleistet und bietet damit dem Erhitzen mit einem einfachen Bunsenbrenner gegenüber große Vorteile. Ich regulierte bei meinen Versuchen die Temperaturen so, daß in der oberen Kammer bei einer Hitze von 250°—300° C Wachs und Wasser aus der Küvette getrieben wurde. Danach kamen die Muffeln in die untere Kammer, wo sie bei einer Temperatur von 650°—700° C solange blieben, bis die Kanäle zur Rotglut gebracht waren. Alsdann folgte der Guß mit der Tiegelschleuder nach den Angaben der Degussa. Die Ergebnisse waren wiederum unbefriedigend. Die Gußstücke hatten sich in gleichem Maße wie bei der ersten Versuchsanordnung kontrahiert.

In der dritten und vierten Versuchsreihe verwandte ich zum Einbetten die Einbettungsmasse Tanne. Im übrigen verliefen die Versuche der dritten Reihe identisch mit denen der ersten. Bei Versuchsreihe vier gelangten wie bei der zweiten Anordnung wieder der Degussa-Muffelofen und die Tiegelschleuder zur Anwendung. Die Resultate der dritten und vierten Versuchsreihe waren wesentlich günstiger als die der ersten und zweiten. Zwischen Versuchsanordnung drei und vier war kein Unterschied nachweisbar. Trotz der bedeutend geringeren Kontraktion war es immerhin noch ganz unmöglich, die Ringe an die markierte Stelle des Dorns zu bringen.

Da ich also mit den aus Robaschik-Wachs hergestellten und mit der Masse Tanne eingebetteten Ringen die geringste Kontraktion erzielt hatte, benutzte ich für alle folgenden Versuche diese beiden Fabrikate allein.

Während die Degussa-Tiegelschleuder, wie aus der Arbeit Schefflers hervorgeht, auf Homogenität der Legierung, sowie Korngröße und Porosität von Einfluß ist, besitzt sie der Handschleuder gegenüber auf das genaue Passen des Gußstückes hin keine Vorteile. Ich führte deshalb bei den nächsten Versuchen die Güsse mit der einfacher zu bedienenden Handschleuder aus. Dagegen gelangte der Degussa-Muffelofen wegen der vorher erwähnten Vorzüge weiterhin zur Verwendung. Wachs- und Wasseraustreiben, sowie das Vorwärmen aller Gußküvetten erfolgte bei der gleichen Temperatur wie bei Versuchsreihe zwei. Damit die Einbettungsmasse beim Schmelzen des Goldes keinen zu großen Temperaturschwankungen unterworfen war, die nach Untersuchungen Solbrigs zu erheblichen Schrumpfungserscheinungen führen, ließ ich das Gold bereits mit im Muffelofen erwärmen. Dadurch ist zum Schmelzen des Goldes wesentlich weniger Zeit erforderlich, und da die Einbettungsmasse ein schlechter Wärmeleiter ist, erleidet sie in der unmittelbaren Umgebung des Modelles keine wesentlichen Formveränderungen.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Goldkontraktion, da sie physikalisch bedingt ist, nie ganz verhindert werden kann, muß also der Weg dahin gehen, sie durch die Expansion der anderen Materialien zu kompensieren.

Ich versuchte zunächst mittels Wachsexpansion — und zwar durch Warmwasserbaderhärtung — passende Güsse zu erzielen. Zu diesem Zwecke bettete ich die aus Robaschik-Wachs hergestellten Ringe, nachdem ich sie vorher wie oben entspannt und mit einem verlorenen Kopf versehen hatte, mit der Einbettungsmasse Tanne ein, die ich in einem Wasserbad von 50° C erhärten ließ. Wachs- und Wassereliminierung, sowie Vorwärmen und Gießen geschah nach den oben angeführten Angaben. Beim Prüfen der Gußobjekte zeigte sich immer noch ein Maß von Kontraktion, das ein Aufbringen der Ringe bis zur markierten Stelle des Dorns nicht zuließ. Ich änderte daraufhin die Temperatur des Wasserbades, sodann das Mengenverhältnis von Einbettungsmasse und Wasser. Die Ergebnisse waren nicht befriedigend. Auch bei zweischichtigem Einbetten, wobei die Einbettungsmasse in verschiedenem Mischungsverhältnis angerührt war und im Wasserbad erhärtete, war die Expansion nicht ausreichend genug, um ein Passen der Gußstücke zu gewährleisten.

Zurückgreifend auf die Expansionsgußmethode von Meyer und Maves in Minneapolis, wandte ich in den nächsten Versuchen ihre Einbettungstechnik an. Entsprechend den von mir anderen angewandten Fabrikaten mußte ich natürlich andere Expansionstemperaturen anwenden. Ich bettete zunächst die entspannten u. mit einem verlorenen Kopf versehenen Ringe mit Einbettungsmasse von Zimmertemperatur ein, die etwas dicker als im üblichen Mischungsverhältnis angerührt war. Das mit einer ungefähr 2mm dicken Schicht Einbettungsmasse

umhüllte Modell wurde sofort anschließend mit warmer Einbettungsmasse in die Gußküvette eingebettet, die bis zur Erhärtung für ungefähr 30 Minuten in ein Wasserbad von 50° C kam. Für die zweite Einbettung zeitigte eine Temperatur von 45° C bezw. 48° C die günstigsten Resultate, und zwar gilt entsprechend dem verschiedenen Schwindmasse der Legierungen die Temperatur von 45° C für die 20 karätige Legierung Pontallor, die von 48° C für die 18 karätige Legierung Platallor. Für das Wasserbad verwandte ich einen Topf, wie man ihn zum Stentserwärmen hat, und auf dessen aus Leinwand bestehenden Einsatz ich die Gußküvetten stellte. Die Temperatur des Wasserbades hielt ich mit der kleinen Flamme eines Bunsenbrenners auf konstanter Höhe. Die Muffeln wurden im Degussaofen bis zum Guß weiter behandelt und dann mit der Handschleuder gegossen. Die auf diese Weise eingebetteten und nach den oben angegebenen Punkten gegossenen Ringe paßten genau auf den Dorn bis zur angegebenen Marke. Wiederholte Versuche zeitigten dieselben befriedigenden Resultate. Zur weiteren Prüfung dieser Methode stellte ich mir noch andere Modelle her. Zunächst modellierte ich auf einen Stahlstempel mehrere Kappen. Die Einbettung, Wachseliminierung u. der Guß fanden unter den gleichen Bedingungen wie bei den vorhergegangenen Versuchen statt. Das Resultat war gut. Die Kappen paßten genau auf den Stempel. Ich präparierte mir ferner extrahierte Canini und Prämolaren für verschiedene Halbkronen und außerdem beschliff ich einige Metallzähne für Stufenkronen. Die nach der gleichen Methode hergestellten Gußstücke zeigten ebenfalls einen einwandfreien Sitz auf den Zahnstümpfen.

Auf ein Zinkmodell modellierte ich eine Schwebebücke, die vom ersten Prämolaren bis zum zweiten Molaren reichte und eine Spannweite von reichlich 3 cm. hatte. Die in einem Stück modellierte und sowohl aus der 18 wie der 20 karätigen Legierung gegossene Brücke saß einwandfrei auf dem Modell.

Um zu sehen, ob bei Modellen von größerer Ausdehnung die gleichen Temperaturen zu verwenden sind, wählte ich eine Stahlform, die die Gestalt eines Doppel-T hatte und 5,5 cm. lang, 0,5 cm. breit und 0,2 cm. dick war. Die Querbalken hatten eine Länge von 2,1 cm. Die Modelle wurden auf die gleiche Art modelliert, eingebettet u. gegossen. Als Resultat ergab sich, daß das aus der 20 karätigen Legierung hergestellte Gußstück in die Stahlform paßte, während es nicht möglich war, das aus dem 18 karätigen Golde bestehende Gußobjekt in die Form zu bringen, da sich das Gold stärker als bei den anderen kleineren Gußstücke kontrahiert hatte. Ich erhöhte infolgedessen die Temperaturen und erzielte bei 50° warmer Einbettungsmasse und 55 grädigem Wasserbad auch bei dieser Legierung passende Gußstücke von größerem Ausmaße.

Die letzte Versuchsreihe hat also gezeigt, daß es tatsächlich möglich ist, die Goldkontraktion mit Hilfe der Wachsexpansion zu überwinden und so passende Goldgüsse zu bekommen. Ich möchte nun noch einmal den Arbeitsgang dieses Expansionsverfahrens kurz wiederholen und zugleich dabei auf den Zweck dieser Einbettungsmethode näher eingehen: Das aus Robaschik-Wachs hergestellte Modell wird im Wasserbade (nach Elander) entspannt, mit einem verlorenen Kopf versehen und auf den Gußkegel fixiert. Das Wachsmodell wird mit Alkohol entfettet und mit ziemlich dick angerührter Einbettungsmasse Tanne, die Zimmertemperatur hat, ungefähr bis zu einer 2 mm dicken Schicht umpinselt. Sofort anschließend erfolgt die zweite Einbettung in die Gußmuffel mit 45° C bzw. 48° C warmer Masse. Bis zur Erhärtung kommt die durch den Gußkegel noch unten abgeschlossene Küvette in ein Wasserbad von 50° C für 30 Minuten. Während der Erhärtung der Einbettungsmasse geht die Expansion des Wachses vor sich. Die innere Einbettungsmasse, die Zimmertemperatur hat, soll in erster Linie die von der äußeren Schicht erhaltene Wärme nur langsam zum Wachsmodell überleiten; denn würde man schon für die innere Einbettung so hohe Temperaturen nehmen, liefe man Gefahr, daß sich das Wachsmodell, besonders die feinen dünnen Ränder und Ausläufer, verziehen würde. Ferner muß die zweite Einbettung sofort, während die innere Einbettungsmasse noch weich ist, angeschlossen werden, da sonst nach Erhärtung der inneren Schicht eine Volumenszunahme des Wachsmodells unmöglich wäre. Die allmählich durch die innere Schicht dringende Wärme dehnt nun das Wachsmodell aus; die noch weiche Einbettungsmasse gibt nach und hält die vergrößerten Dimensionen beim Erhärten fest. Nach Erstarren der Einbettungsmasse kommt die Gußküvette zum Wachs- und Wasseraustreiben in die obere Kammer des Degussa-Muffelofens bei 250°—300° C, danach zum Vorwärmen in die untere Kammer, in der die Küvette bei einer Temperatur von 650°–700° C bis zur Rotglut der Kanäle bleibt. Anschließend wird mit der Handschleuder gegossen, wobei das Gold schon vorher im Muffelofen erhitzt worden ist. Nach langsamem Abkühlen werden die Gußstücke ausgebettet, gesäubert und auf das Modell probiert.

Die von mir angegebenen Expansionstemperaturen gelten für die Verwendung von Robaschik-Gußwachs und Einbettungsmasse Tanne, sowie für die Legierungen Platallor und Pontallor der Degussa.

Zusammenfassung.

Die physikalischen Eigenschaften der beim Gußvorgang verwandten Materialien führen zu Formveränderungen, die ein Passen der Gußstücke ohne vorheriges Beschleifen unmöglich machen. Von diesen Eigenschaften sind neben der Elastizität des Wachses vor allen Dingen die Kontraktion und Expansion der Materialien als Fehlerquellen zu nennen. Durch Ausnutzung der Expansion von Wachs und Einbettungsmasse ist es möglich die Kontraktion des Goldes aufzuheben. Den verschiedenen Expansionsgußverfahren liegt dieses Prinzip zu Grunde.

Für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. Greve freundlichst.

Literaturverzeichnis.

Elander: Das Gießen von Goldeinlagen. (Meußer 1929) Das Problem der Herstellung exakter Goldgußfüllungen. (Korresp.-Blatt für Zahnärzte 1928, Heft 9 und 10).

Fritsch, Elbrecht, Nowack: Das Gießen mit dem verlorenen Kopf. Z.-Rundsch. 1930, Heft 17.

Kantorowicz: Handbuch der gesamten Zahnheilkunde. Bd. II

Lewald: Die Herstellung von Inlays nach der neuen Kerr-Gußmethode. D.Z.W. 1931 H. 4

Oettinger: Das Gießen mit dem verlorenen Kopf. Z.-Rdsch. 1930 H. 6 Über das Goldgußproblem Z.Rdsch 1928 Heft 7, 8, 9.

Orban: Expansionstechnik, Z. f. Stomat. 1930

Price: Zitiert nach Smrekers Handbuch der Porzellan- und Goldeinlagen II Teil.

Preißecker: Die Gußmethode mit Wachsexpansion Z.f.Stomat.1930

Rosenzweig: Erwiderung auf Preißeckers Bemerkungen zur Expansionstechnik Z. f. Stomat 1931

Scheer: Die Mißerfolge bei der Goldgußfüllung. Z.Rdsch. 1927 Nr. 52

Schäffner: Formveränderungen von Goldgüssen für die Zahnheilkunde in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung mit besonderer Berücksichtigung der Vergütung. D.Z.W. 1931

Scheffler: Der Einfluß verschiedener Gußmethoden auf die Beschaffenheit der Gußstücke in der zahnärztlichen Praxis. Z.Rdsch. 1932 Nr. 2 und 3.

Schmitz: Experimentelle Untersuchungen über die Verwertbarkeit und Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften verschiedenen Hilfsmaterialien zur Erzielung exakter Gußobjekte Diss. Köln 1931.

Schubert: Über Fragen des Goldgußverfahrens Z.Rdsch 1930 Nr. 6, 11 und 43.

L. Schubert: Expansionsgußverfahren und Untersuchungen über ihren praktischen Wert. D.Z.W. 1932 Nr. 2.

Smreker: Handbuch der Porzellan- und Goldeinlagen II. Teil Berlin 1921.

Solbrig: Welche Faktoren bedingen die Formveränderungen in den zahnärztlichen Gußverfahren? Vtj. Schr. f. Zahnheilk. 1922 Nr. 1.

Thielemann: Zur Frage der Herstellung von umfassenden Goldgüssen. Z.Rdsch. 1930 Nr. 43.

Wannenmacher: Materialkunde Fortschr. d. Zahnheilk. 1927

Weiß: Über das Gießen von Goldeinlagen. Z.f.Stomat. 1932 Nr. 7

Lebenslauf.

Ich wurde am 16. August 1908 in Liegnitz als Tochter des späteren Oberpostsekretärs Emil Weschke und seiner Ehefrau Emma geb. Lachmann geboren.

1915 trat ich in die Augusta-Viktoria-Schule in Liegnitz ein und legte zu Ostern 1928 an der realgymnasialen Studienanstalt mein Abiturium ab. Anschließend besuchte ich die Universität in Breslau, um Zahnheilkunde zu studieren. Im Herbst 1929 bestand ich meine zahnärztliche Vorprüfung und erhielt im Dezember 1931 nach bestandenem Staatsexamen die Approbation als Zahnarzt.

Helga Weschke.